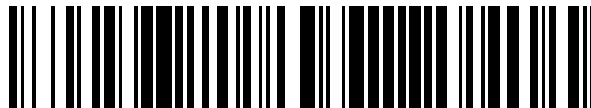


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 563 977**

51 Int. Cl.:

H04J 14/02 (2006.01)

H04B 10/272 (2013.01)

H04Q 11/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **27.12.2007 E 07846179 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **23.12.2015 EP 2087619**

54 Título: **Red óptica pasiva con láseres parcialmente sintonizados**

30 Prioridad:

27.04.2007 US 740993

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:

17.03.2016

73 Titular/es:

**HUAWEI TECHNOLOGIES CO., LTD. (100.0%)
Huawei Administration Building, Bantian,
Longgang District
Shenzhen, Guangdong 518129, CN**

72 Inventor/es:

EFFENBERGER, FRANK J.

74 Agente/Representante:

LEHMANN NOVO, María Isabel

ES 2 563 977 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín europeo de patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Red óptica pasiva con láseres parcialmente sintonizados

5 ANTECEDENTES DE LA INVENCION

Una red óptica pasiva (PON) es un sistema para proporcionar acceso a red a través de la denominada "última milla". La red PON es una red del tipo punto a multipunto constituida por un terminal de línea óptica (OLT) en la oficina central, una red de distribución óptica (ODN) y una pluralidad de unidades de redes ópticas (ONUs) en las instalaciones del cliente. Transmisiones de datos de flujo descendente pueden difundirse a la totalidad de los terminales ONTs, mientras que transmisiones de datos de flujo ascendente pueden transmitirse al terminal OLT utilizando el acceso múltiple por división temporal (TDMA). TDMA asegura que las transmisiones desde las unidades ONUs se reciban por el terminal OLT una a una y no entren en conflicto operativo entre sí.

15 Puesto que la capacidad por usuario de las redes PONs basadas en TDMA es inversamente proporcional a la cantidad de usuarios, existe un interés considerable en las redes PONs basadas en acceso múltiple por división de longitud de onda (WDMA). Las redes PONs basadas en un WDMA permiten mayores velocidades en virtud de las numerosas longitudes de onda disponibles, pero emplean componentes que son indeseablemente de alto coste. Más concretamente, los láseres utilizados en redes PONs basadas en WDMA deben ser completamente sintonizables por lo que deben ser capaces de mantener una longitud de onda específica. Los láseres completamente sintonizables requieren un aparato de control de la temperatura complicado y en consecuencia, son de alto coste y difíciles de fabricar y de manejar. En consecuencia, existe una necesidad de una red PON basada en WDMA que no requiera láseres completamente sintonizables.

25 El documento US06567198 B1 se refiere a un estabilizador de longitud de onda para estabilizar la longitud de onda de una señal óptica objeto de oscilación desde un diodo láser (LD) en cada uno de una pluralidad de transmisores de canales en un sistema de transmisión óptica WDM (Multiplexión por División de Longitud de Onda).

30 El documento EP0000981213 A1 se refiere a un método en donde, en el extremo de recepción, un valor de un parámetro de influencia de longitud de onda del elemento selectivo de longitud de onda que permite la mejor recepción del canal se determina a este respecto. Este valor se utiliza luego para averiguar si las longitudes de onda utilizadas en el enlace se han desplazado. Este valor de parámetro asociado con la longitud de onda del centro del canal está ubicado con exactitud determinando dos valores de parámetros en los que la potencia de salida disminuye en una magnitud predeterminada y luego, se calcula el valor central. Cuando los valores de parámetros son valores de diferencias en relación con un valor inicial nominal, la media promediada a través de todos los canales sirve como un indicador de desplazamiento de longitud de onda en el enlace. Determinando la proporción de canales que demuestran un desplazamiento de la longitud de onda, el origen y la magnitud del desplazamiento de la longitud de onda se pueden averiguar y corregir ajustando el valor de parámetro del elemento selectivo de longitud de onda o ajustando la longitud de onda emitida por uno o más láseres.

40 El documento US20060120724 A1 se refiere a que una red de comunicación óptica que utiliza un sistema de comunicación que es una combinación de multiplexión por división temporal óptica y multiplexión por división de longitud de onda óptica. El convertidor eléctrico/óptico convierte una cadena de señales eléctricas, que se aplican a la entrada desde el exterior, en señales de ráfagas ópticas utilizando selectivamente una pluralidad de tipos de longitudes de onda ópticas. El controlador de red controla la longitud de onda óptica seleccionada por el convertidor eléctrico/óptico y la sintonía de salida de las señales de ráfagas ópticas para cada una de las señales de ráfagas ópticas de modo que las señales de ráfagas ópticas recibidas por el terminal OLT sean multiplexadas por división temporal y multiplexadas por división de onda.

50 SUMARIO DE LA INVENCION

En una forma de realización, la patente incluye una unidad de red óptica, ONU, que comprende un receptor adaptado para recibir una señal de control de sintonía; un láser parcialmente sintonizable que tiene una longitud de onda de láser derivante y un transmisor acoplado al receptor y adaptado para controlar la sintonía del láser parcialmente sintonizable con el desplazamiento de la longitud de onda del láser a una segunda banda pasante sobre la base de la señal de control de sintonía reenvía desde el receptor al transmisor cuando el láser parcialmente sintonizable ya no puede sintonizarse en el centro de una primera banda pasante, en donde la segunda banda pasante está dentro del margen de sintonía del láser parcialmente sintonizable, en donde la segunda banda pasante corresponde a un canal de flujo ascendente.

60 En otra forma de realización, la invención incluye un terminal de línea óptica, OLT, que comprende una unidad de control de longitud de onda adaptada para proporcionar una señal de control de sintonía, un diplexor adaptado para recibir una señal entrante que tienen una longitud de onda láser derivante, en donde la longitud de onda láser derivante se sintoniza a una segunda banda pasante de una pluralidad de bandas pasantes sobre la base de la señal de control de sintonía cuando un láser parcialmente sintonizable ya no puede sintonizarse en el centro de una primera banda pasante, en donde la segunda banda pasante está dentro del margen de sintonía del láser parcialmente sintonizable, en donde la

segunda banda pasante corresponde a un canal de flujo ascendente y un diplexor de longitud de onda cíclica adaptado para asignar la señal entrante en el canal de flujo ascendente correspondiente y reenviar la señal entrante a un receptor en conformidad con la segunda banda pasante.

5 En una tercera forma de realización, la idea inventiva incluye un método que comprende: enviar, por un terminal OLT, una señal de control de sintonía, la recepción de una señal entrante que tiene una longitud de onda de láser derivante, en donde la longitud de onda de láser derivante se sintoniza a una segunda banda pasante de una pluralidad de bandas pasantes sobre la base de la señal de control de sintonía cuando un láser parcialmente sintonizable ya no puede sintonizarse en el centro de una primera banda pasante, en donde la segunda banda pasante está dentro del margen de sintonía del láser parcialmente sintonizable, en donde la segunda banda pasante corresponde a un canal de flujo ascendente y la asignación de la señal entrante en el canal de flujo ascendente correspondiente y el reenvío de la señal entrante a un receptor en conformidad con la segunda banda pasante. Estas y otras características se entenderán con mayor claridad a partir de la siguiente descripción detallada tomada con referencia a los dibujos adjuntos y sus reivindicaciones.

15 **BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS**

Para un conocimiento más completo de esta invención, se hace referencia ahora a la siguiente breve descripción, tomada en relación con los dibujos adjuntos y la descripción detallada, en donde las referencias numéricas representan elementos similares.

La Figura 1 ilustra un sistema PON en conformidad con formas de realización de la invención;

La Figura 2 ilustra canales en un sistema de redes PON en conformidad con formas de realización de la invención;

La Figura 3 ilustra un sistema de redes PON en conformidad con formas de realización de la invención;

La Figura 4 ilustra una disposición de longitudes de onda para un sistema de redes PON en conformidad con formas de realización de la invención;

La Figura 5 ilustra un método en conformidad con formas de realización de la invención;

La Figura 6 ilustra otro método en conformidad con formas de realización de la invención; y

La Figura 7 ilustra un sistema informático de uso general, a modo de ejemplo, adecuado para poner en práctica las varias formas de realización de la invención.

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA INVENCION

40 Debe entenderse, desde el principio, que aunque una puesta en práctica ilustrativa de una o más formas de realización se proporciona a continuación, los sistemas y/o métodos dados a conocer pueden ponerse en práctica utilizando cualquier número de técnicas, actualmente conocidas o en existencia. La invención no debe limitarse, en forma alguna, a las puestas en práctica ilustrativas, dibujos y técnicas que se ilustran a continuación, incluyendo los diseños y puestas en práctica, a modo de ejemplo, que aquí se ilustran y describen, sino que pueden modificarse dentro del alcance de protección de las reivindicaciones adjuntas.

A continuación se describe una configuración de red óptica pasiva (PON) que tiene una pluralidad de unidades de redes ópticas (ONUs) que contienen láseres parcialmente sintonizables y no láseres completamente sintonizables. La configuración de red PON puede incluir un terminal de línea óptica (OLT) que supervisa la longitud de onda láserica desde cada unidad ONU y proporciona una señal de control de sintonía. La señal de control de sintonía centra aproximadamente la longitud de onda láserica en una de una pluralidad de bandas pasantes. Las bandas pasantes están asociadas con varios canales de comunicación de flujo ascendente y más de una banda pasante puede corresponder a cada canal de flujo ascendente. Cuando la longitud de onda láserica es una de entre los desplazamientos de derivación de las unidades ONUs, la señal de control de sintonía ordena operativamente a la unidad ONU que efectúe la migración desde una banda pasante a otra banda pasante, lo que cambia el canal de flujo ascendente con el que está asociada la unidad ONU. Si múltiples unidades ONUs se asignan al mismo canal, el terminal OLT puede configurar o reconfigurar ajustes de acceso múltiple por división temporal (TDMA) para permitir que múltiples unidades ONUs compartan un canal único sin entrar en conflictos operativos.

60 La Figura 1 ilustra una forma de realización de una red PON 100. La red PON 100 comprende un terminal OLT 102, una red de distribución óptica (ODN) 104 y una pluralidad de unidades ONUs 106. La red PON 100 es una red de comunicación que no requiere que cualquier componente activo distribuya datos entre el terminal OLT 102 y las unidades ONUs 106. En cambio, la red PON 100 utiliza los componentes ópticos pasivos en la red ODN 104 para distribuir datos entre el terminal OLT 102 y las unidades ONUs 106. Ejemplos de redes PONs adecuadas 100 incluyen la red PON en el modo de transferencia asíncrona (APON) y la red PON de banda ancha (BPON) definida por la norma de ITU-T G.983, la red PON de gigabits (GPON) definida por la norma de ITU-T G.984, la red PON Ethernet (EPON) definida por la norma

IEEE 802.3ah y la multiplexión por división de longitud de onda en red PON (WDM-PON), todos los cuales se incorporan aquí por referencia como si se reprodujeran en su integridad.

Un componente de la red PON 100 puede ser el terminal OLT 102. El terminal OLT 102 puede ser cualquier dispositivo que esté configurado para comunicarse con las unidades ONUs 106 y otra red (no ilustrada). Más concretamente, el terminal de línea óptica OLT 102 puede actuar como un dispositivo intermediario entre la otra red y las unidades ONUs 106 por cuanto que el terminal OLT 102 reenvía datos recibidos desde la red a las unidades ONUs 106 y reenvía datos recibidos de las unidades ONUs 106 a la otra red. Aunque la configuración específica del terminal OLT 102 puede variar dependiendo del tipo de PON 100, en una forma de realización, el terminal OLT 102 comprende un transmisor y una pluralidad de receptores, según se explica en detalle más adelante. Si la otra red está utilizando un protocolo, tal como Ethernet o SONET/SDH, que es diferente del protocolo de comunicación utilizado en la red PON 100, en tal caso, el terminal OLT 102 puede comprender también un convertidor que convierte los datos de la otra red en el protocolo de red PON y convierte los datos de red PON en el protocolo de otra red. El terminal OLT 102 aquí descrito suele situarse en un emplazamiento central, tal como una oficina central, pero puede ubicarse también en otros emplazamientos.

Otro componente de la red PON 100 puede ser las unidades ONUs 106. Las unidades ONUs 106 pueden ser cualesquiera dispositivos que estén configurados para comunicarse con el terminal OLT 102 y un cliente o usuario (no ilustrado). Más concretamente, las unidades ONUs pueden actuar como un dispositivo intermediario entre el terminal OLT 102 y el cliente por cuanto que las unidades ONUs 106 reenvían datos recibidos desde el terminal OLT 102 al cliente y reenvían datos recibidos desde el cliente hacia el terminal OLT 102. Aunque la configuración específica de las unidades ONUs 106 puede variar dependiendo del tipo de red PON 100, en una forma de realización de las unidades ONUs 106 pueden comprender un transmisor óptico configurado para enviar señales ópticas al terminal OLT 102, un receptor óptico configurado para recibir señales ópticas desde el terminal OLT 102 y un convertidor que convierte la señal óptica en señales eléctricas para el cliente, tales como señales en el protocolo Ethernet o ATM. Las unidades ONUs 106 pueden comprender también un segundo transmisor y/o receptor que envía y/o recibe las señales eléctricas para un dispositivo de cliente. En algunas formas de realización, las unidades ONUs 106 y los terminales de redes ópticos (ONTs) son similares y por ello, los términos se utilizan aquí de forma intercambiable. Las unidades ONUs se suelen proporcionar en lugares distribuidos, tales como las instalaciones de clientes, pero pueden también ubicarse en cualquier otro lugar.

Otro componente de la red PON 100 puede ser la red ODN 104. La red ODN 104 es un sistema de distribución de datos constituido por cables de fibra óptica, acopladores, divisores, distribuidores y/o otros equipos conocidos para expertos ordinarios en esta técnica. En una forma de realización, los cables de fibra óptica, los acopladores, los divisores, los distribuidores y/o otros equipos conocidos para los expertos en esta técnica son componentes ópticos pasivos. Más concretamente, los cables de fibra óptica, acopladores, divisores, distribuidores y/o otros equipos conocidos para los expertos en esta técnica pueden ser componentes que no requieran ninguna energía para distribuir señales de datos entre el terminal OLT 102 y las unidades ONUs 106. La red ODN 104 suele extenderse desde el terminal OLT 102 a las unidades ONUs 106 en una configuración de bifurcación según se ilustra en la Figura 1, pero pueden configurarse, de forma alternativa, según se determine por un experto en esta técnica.

La Figura 2 ilustra una forma de realización de los canales en una red PON 150. Más concretamente, la red PON 150 puede incluir un canal de flujo descendente único 152 y una pluralidad de canales de flujo ascendente 154A-154K entre el terminal OLT y las unidades ONUs. El canal de flujo descendente 152 permite al terminal OLT transmitir señales de control de sintonía y otros datos a las unidades ONUs. Según se explica a continuación, las señales de control de sintonía pueden utilizarse para centrar aproximadamente las longitudes de onda lásericas en una o más bandas pasantes asociadas con los canales de flujo ascendente 154A-154K. Las longitudes de onda lásericas de las unidades ONUs tienen la tendencia a desplazarse alejándose de los centros de las bandas pasantes y por ello, los láseres se sintonizan periódicamente para tener en cuenta cualquier desplazamiento de longitud de onda láserica. Puesto que la función de sintonía está limitada, el terminal OLT puede dirigir, de forma selectiva, las longitudes de onda lásericas de las unidades ONUs para efectuar una migración desde una banda pasante a otra cuando los láseres ya no pueden sintonizarse en el centro de su banda pasante.

Algunos sistemas de redes PON contienen láseres completamente sintonizable. El término "láser completamente sintonizable" está previsto para significar un láser que está controlado de modo que la longitud de onda láserica pueda establecerse y mantenerse en un valor deseado. Las longitudes de onda de cualquier tipo de láser son afectadas por múltiples factores incluyendo, sin limitación, la temperatura operativa, la intensidad de corriente del láser, la tensión del láser, la fuente de oscilación y el ruido eléctrico. La temperatura operativa es afectada por parámetros tales como la intensidad de la corriente láserica, el entorno alrededor del láser, los componentes de enfriamiento y calentamiento dinámicos, la frecuencia de conmutación del láser y la magnitud de la actividad o inactividad láserica. Los láseres completamente sintonizables controlan suficientemente estos factores para mantener la longitud de onda láserica en un valor deseado. Puesto que la temperatura tiene dicha gran influencia sobre la longitud de onda del láser, un láser completamente sintonizable suele tener que controlar la temperatura del láser para mantener la longitud de onda láserica en un valor deseado. Por ello, un láser completamente sintonizable puede contener circuitos de control de bloqueo de frecuencia y fase para una fuente de oscilación, componentes de calentamiento dinámico, componentes de enfriamiento dinámico tales como elementos de enfriamiento de Peltier, un componente de control de corriente láserica, un componente de control de tensión láserica y la función de filtrado del ruido. En consecuencia, los láseres completamente

sintonizables tienden a ser un producto de alto coste y de bajo rendimiento por cuanto que la tasa de fallos del láser durante la fabricación es alta de forma indeseable.

Al menos algunas de las unidades ONUs aquí descritas pueden contener láseres parcialmente sintonizables. El término de "láser parcialmente sintonizable" puede referirse a un láser que tenga un margen de sintonía limitado para su longitud de onda, en donde el margen de sintonía puede ser insuficiente para mantener el láser en una longitud de onda única bajo condiciones operativas diferentes. Aunque la longitud de onda del láser parcialmente sintonizable está afectada por los mismos factores que el láser completamente sintonizable, algunos de los factores se controlan en el láser parcialmente sintonizable. A modo de ejemplo, un láser parcialmente sintonizable puede controlar solamente la corriente y/o la tensión láserica, sin controlar la temperatura del láser. En general, los factores controlados no compensan completamente los factores no controlados y la longitud de onda láserica experimenta un desplazamiento de deriva. En lugar de impedir el desplazamiento de la longitud de onda láserica, la longitud de onda láserica en deriva puede supervisarse y ajustarse periódicamente los factores controlados para centrar aproximadamente cada longitud de onda láserica de unidad ONU a una de una pluralidad de las bandas pasantes. Si fuere necesario, cada longitud de onda láserica de unidad ONU puede sintonizarse de modo que efectúe una migración desde una banda pasante a otra. Dicho de otro modo, mientras el margen de sintonía del láser parcialmente sintonizable puede ser insuficiente para mantener una longitud de onda deseada, es suficiente para mantener la longitud de onda del láser en una de las bandas pasantes y en consecuencia, en uno de los canales según se describe a continuación. En consecuencia, los láseres parcialmente sintonizables tienden a ser un producto no de alto coste y de alto rendimiento en comparación con los láseres completamente sintonizables.

Existen numerosos tipos de láseres parcialmente sintonizables y los componentes de estos diferentes láseres varían en consecuencia. A modo de ilustración y sin carácter limitativo, diodos láser de retroacción distribuida (DFB) o de reflecto Bragg distribuido (DBR) podrían utilizarse para láseres parcialmente sintonizables. Los diodos DFB y DBR pueden funcionar en un modo único transversal o longitudinal y tener una estructura de rejilla dentro del material semiconductor para estrechar la anchura de línea de emisión. Un láser parcialmente sintonizable podría emplear un diodo DFB o DBR y sintonizar la longitud de onda del láser controlando, a modo de ejemplo, la intensidad de la corriente o tensión láserica, pero no otros parámetros. En una forma de realización específica, el láser parcialmente sintonizable no emplearía componentes de enfriamiento y calentamiento dinámicos suficientes para mantener la longitud de onda láserica en un valor predeterminado. En consecuencia, la longitud de onda láserica se desplaza cuando cambia la temperatura operativa. Para pequeños cambios de temperatura, la corriente y/o la tensión del láser parcialmente sintonizable puede ajustarse para intentar mantener una longitud de onda láserica deseada. Sin embargo, cuando la temperatura del láser comienza a cambiar, la longitud de onda láserica se desplazará más allá del margen de sintonía limitado y la unidad ONU no será capaz de mantener una longitud de onda láserica dentro de una banda pasante predeterminada. En tal caso, el terminal OLT puede dar instrucciones a la unidad ONU para la migración a otra banda pasante dentro del margen de sintonía del láser parcialmente sintonizable.

El margen de sintonía para un láser parcialmente sintonizable puede depender de numerosos factores. Algunos láseres completamente sintonizables pueden mantenerse en cualquier valor de la longitud de onda durante varios centenares de nanómetros. Por el contrario, el margen de sintonía de los láseres parcialmente sintonizables puede limitarse a unos pocos nanómetros. En una forma de realización, el margen de sintonía del láser parcialmente sintonizable puede ser aproximadamente igual o poco mayor que, p.ej., aproximadamente 1.5 veces el intervalo de separación entre bandas pasantes. Dicha forma de realización es de utilidad puesto que el mecanismo de control de sintonía en las unidades ONUs puede ser relativamente simple, p.ej., simplemente un controlador de intensidad de corriente. A modo de ejemplo, si el sistema de red PON utiliza bandas pasantes que tienen una anchura de dos nanómetros (nm) y separaciones con una anchura de un nanómetro, en tal caso, un láser parcialmente sintonizable puede tener un margen de sintonía de hasta aproximadamente 1, aproximadamente 1.5 o aproximadamente 2 nm para asegurar que una longitud de onda láserica puede desplazarse desde el intervalo de separación a una u otra de las bandas pasantes cercanas. En otra forma de realización, el margen de sintonía del láser parcialmente sintonizable puede ser aproximadamente igual a o algo mayor que, p.ej., aproximadamente 1.5 veces, la distancia entre los centros de las bandas pasantes. En tal caso, si la longitud de onda láserica ya no puede centrarse en una sola banda pasante, el láser parcialmente sintonizable puede ajustar la longitud de onda láserica a aproximadamente el centro de una banda pasante adyacente. A modo de ejemplo, si el sistema de red PON utiliza bandas pasantes que tengan una anchura de cuatro nm e intervalos de separación que tengan una anchura de tres nm, en tal caso, un láser parcialmente sintonizable puede tener un margen de sintonía de hasta aproximadamente 5, aproximadamente 7 o aproximadamente 10 nm para asegurar que una longitud de onda láserica pueda desplazarse desde el intervalo de separación a aproximadamente el centro de una u otra de las bandas pasantes cercanas. En una forma de realización alternativa, el margen de sintonía puede ser mucho mayor que el intervalo de separación entre bandas pasantes, p.ej., aproximadamente 2 a 10 veces mayor. Los márgenes de sintonía incrementados pueden ser beneficiosos por cuanto que ayudan a reducir la magnitud de la migración de bandas pasantes por la unidad ONU o con una distribución más uniforme de las unidades ONUs para las bandas pasantes disponibles.

La Figura 3 ilustra un sistema de red PON 300 en conformidad con formas de realización de la invención. Según se ilustra, el sistema 300 comprende un terminal OLT 302 que se acopla a una pluralidad de unidades ONUs 330A-330N, las unidades ONUs 330A-330N pueden ser prácticamente las mismas y por ello, solamente se describirá aquí la unidad ONU 330A. La unidad ONU 330A comprende un receptor de flujo descendente 332A acoplado a un transmisor de flujo

ascendente 336A. Ambos, el receptor de flujo descendente 332A y el transmisor de flujo ascendente 336A están acoplados a un diplexor 340A que separa las comunicaciones de flujo descendente con respecto a las comunicaciones de flujo ascendente en la unidad ONU 330A. El receptor de flujo descendente 332A es capaz de recibir órdenes de sintonía y ajustes de TDMA desde el terminal OLT 302 y proporcionar las órdenes de sintonía y ajustes de TDMA al transmisor de flujo ascendente 336A. En respuesta, el transmisor de flujo ascendente 336A controla un láser 338A, tal como un láser DFB o DBR, sobre la base de las órdenes de sintonía y de los ajustes de TDMA. Más concretamente, la orden de sintonía hace que se centre la longitud de onda láserica en una banda pasante particular de un canal de flujo ascendente y los ajustes de TDMA hacen que la longitud de onda láserica se sintonice para evitar conflictos con otras unidades ONUs que comparten el mismo canal de flujo ascendente o banda pasante. En algunas formas de realización, las órdenes de sintonía controlan la corriente láserica sin afectar notablemente a las variaciones de la temperatura operativa del láser 338A.

La longitud de onda láserica se proporciona al diplexor 340A que la transmite al terminal OLT 302 por intermedio de la red ODN 320. La red ODN 320 puede comprender elementos pasivos tales como cables de fibra óptica, acopladores, divisores, distribuidores y/o otros equipos. El terminal OLT 302 recibe transmisiones procedentes de las unidades ONUs 330A-330N por intermedio de un diplexor 308, que separa las comunicaciones de flujo descendente de las comunicaciones de flujo ascendente en el terminal OLT 302. Las comunicaciones de flujo ascendente se reenvían a un demultiplexor de longitud de onda cíclica 310 que asigna o distribuye las señales entrantes en los canales de comunicaciones y reenvía las señales a una pluralidad de receptores de flujo ascendente 306A-306K.

En una forma de realización, el demultiplexor de longitud de onda cíclica 310 pone en práctica una estructura de rejilla de guía de ondas matricial (AWG) que distribuye las longitudes de onda lásericas desde las N unidades ONUs a los K receptores de flujo ascendente 306A-306K. El demultiplexor de longitud de onda cíclica 310 es selectivo de la longitud de onda por cuanto que solamente longitudes de onda que sean múltiplos enteros de una longitud de onda base (λ_{base}) se distribuyen a los receptores de flujo ascendente 306A-306K. A modo de ejemplo, la magnitud de la longitud de onda base λ_{base} puede ser cuatro nm. En tal caso, el receptor de flujo ascendente 306A puede recibir transmisiones para $n \cdot 4$ nm, el receptor de flujo ascendente 306B puede recibir transmisiones para $(n+1) \cdot 4$ nm, el receptor de flujo ascendente 306K puede recibir transmisiones para $(n+k-1)$ y así sucesivamente en un modelo cíclico, en donde n y k son valores enteros. Si se recibe una transmisión que no es un múltiplo entero de λ_{base} , la transmisión sería filtrada por AWG. Los expertos en esta técnica apreciarán que aunque se describen aquí longitudes de onda exactas, el demultiplexor de longitud de onda cíclica 310 puede dividir también las longitudes de onda en grupos que consisten en una pluralidad o márgenes de longitudes de onda.

El sistema de bandas pasantes 300 corresponde a las longitudes de onda aceptadas por AWG. A modo de ejemplo, si la λ_{base} de AWG es cuatro nm, una primera banda pasante puede designarse para el sistema de red PON 300 como $n \cdot 4$ nm, una segunda banda pasante puede designarse para el sistema PON 300 como $(n+1) \cdot 4$ nm y así sucesivamente en un modelo cíclico. En consecuencia, múltiples bandas pasantes pueden asociarse con cada uno de los receptores de flujo ascendente 306A-306K de modo que cada uno de los receptores de flujo ascendente 306A-306K sea potencialmente responsable para el procesamiento de comunicaciones para una pluralidad de longitudes de onda lásericas. A modo de ejemplo, el receptor de flujo ascendente 306A podría gestionar las comunicaciones para las longitudes de onda lásericas $n \cdot \lambda_{base}$, $(n+k) \cdot \lambda_{base}$, $(n+2k) \cdot \lambda_{base}$ y así sucesivamente. La naturaleza cíclica del demultiplexor 310 asegura que todas las transmisiones de ONU sean asignadas a un receptor de flujo ascendente 306A-306K o filtradas.

Puesto que las longitudes de onda lásericas de las unidades ONUs tienen la tendencia al desplazamiento, se necesita funciones de supervisión y ajuste de las longitudes de onda lásericas de las unidades ONUs para asegurar que las comunicaciones de unidades ONUs válidas no sean filtradas por AWG del demultiplexor 310. A modo de ejemplo, una comunicación puede filtrarse si una longitud de onda láserica de unidad ONU cae dentro de un intervalo de separación entre las bandas pasantes. De este modo, en al menos algunas formas de realización, una unidad de control de longitud de onda 312 u otra lógica se acopla a los receptores de flujo ascendente 306A-306K y supervisa la longitud de onda de las transmisiones de ONU recibidas por los receptores de flujo ascendente 306A-306K. A modo de ejemplo, una unidad ONU dada puede determinar su longitud de onda en conformidad con una planificación fijada mientras que el terminal OLT 302 registra las variaciones de energía que se producen en la planificación fija. El terminal OLT 302 emite, entonces, los resultados a la unidad ONU dada. Después de unos pocos periodos empíricos de prueba y error, el comportamiento del láser se determinaría y la unidad ONU dada comienza a funcionar a la potencia de transmisión máxima.

Sobre la base de la información supervisada, la unidad de control de longitud de onda 312 proporciona señales de control de sintonía a las unidades ONUs 330A-330N. Las señales de control de sintonía permiten a cada unidad ONU ajustar su longitud de onda láserica cuando fuere necesario, para estar dentro de los límites de las bandas pasantes. En una forma de realización, la longitud de onda láserica se sintoniza al centro aproximado de una de las bandas pasantes correspondiente a los canales de flujo ascendente. En algunos casos, las señales de control de sintonía hacen que las unidades ONUs efectúen una migración desde una banda pasante a otra cuando se desplazan las longitudes de onda lásericas. En al menos algunas formas de realización, la unidad de control de longitud de onda 312 reduce o minimiza la migración desde una banda pasante a otra. A modo de ejemplo, la unidad de control de longitud de onda 312 puede sintonizar cada longitud de onda láserica de unidad ONU a una banda pasante dada hasta que se alcance un umbral máximo de la capacidad de sintonía. Más adelante, la unidad de control de longitud de onda selecciona una nueva banda

pasante. La nueva banda pasante puede tener una posición que permita que una longitud de onda láserica de unidad ONU sea centrada en la nueva banda pasante con magnitudes de sintonía mínimas. Como alternativa, la unidad de control de longitud de onda 312 selecciona otra banda pasante dentro del margen de sintonía del láser parcialmente sintonizable. A modo de ejemplo, la unidad de control de longitud de onda 312 podría reducir o minimizar la migración supervisando el comportamiento de desplazamiento de un láser parcialmente sintonizado y determinando la dirección o modelo del desplazamiento de longitud de onda láserica. La unidad de control de longitud de onda 312 podría utilizar, entonces, la dirección de desplazamiento o la información de modelo de desplazamiento para seleccionar una nueva banda pasante que reduce o minimiza la migración futura aun cuando la sintonía láserica no se reduzca ni minimice de forma inmediata.

La unidad de control de longitud de onda 312 u otra lógica puede supervisar también la cantidad de unidades ONUs asignadas a cada una de las bandas pasantes o canales de flujo ascendente y los correspondientes receptores de flujo ascendente 306A-306K. Sobre la base de la información supervisada, la unidad de control de longitud de onda 312 puede configurar o reconfigurar los ajustes de TDMA de las unidades ONUs. Los ajustes de TDMA permiten que múltiples unidades ONUs compartan una longitud de onda única separando las transmisiones en el dominio temporal. En algunas formas de realización, la unidad de control de longitud de onda 312 puede intentar también asignar unidades ONUs uniformemente entre el número limitado de canales de flujo ascendente. A modo de ejemplo, si existen N unidades ONUs y K receptores de flujo ascendente, en donde N es mayor que K, en tal caso, la unidad de control de longitud de onda 312 puede proporcionar señales de control de sintonía que intenten asignar las N unidades ONUs uniformemente entre los K receptores de flujo ascendente. En algunos casos, las señales de control de sintonía solamente intentan reasignar unidades ONUs si el número de unidades ONUs asignadas a un canal de flujo ascendente único es mayor que una magnitud umbral. De no ser así, la unidad de control de longitud de onda 312 puede simplemente proporcionar señales de control de sintonía que reducen o minimizan la magnitud de sintonía o la magnitud de migración. Es decir, las unidades ONUs pueden sintonizarse a la banda pasante más cercana correspondiente a un canal de flujo ascendente haciendo caso omiso de la cantidad de unidades ONUs asignadas a cada canal.

Las unidades ONUs 330A-330N y el terminal OLT 302 pueden comprender también una lógica de Control de Acceso Multimedia (MAC) (no ilustrada). A modo de ejemplo, la lógica de MAC en la unidad ONU 330A podría permitir al menos a un dispositivo, tal como un dispositivo multimedia u ordenador del cliente, establecer una interfaz con el receptor de flujo descendente 332A y el transmisor de flujo ascendente 336A de la unidad ONU 330A. Además, la lógica de MAC en el terminal OLT 302 podría permitir a los dispositivos de red establecer una interfaz con el transmisor de flujo descendente 304 y los receptores de flujo ascendente 306A-306K del terminal OLT 302. De esta manera, un dispositivo multimedia u ordenador del cliente es capaz de comunicarse con dispositivos de red por intermedio del sistema de red PON 300.

La Figura 4 ilustra una disposición de bandas pasantes 400 para un sistema de red PON en conformidad con formas de realización de la invención. Según se ilustra, la disposición de longitudes de onda 400 comprende una pluralidad de bandas pasantes 402, 404, 406, 408, 410, 412, 414, 416, 418 y 420. Las bandas pasantes 402, 404, 406, 408, 410, 412, 414, 416, 418 y 420 están dispuestas en orden de longitud de onda creciente, por lo que las bandas pasantes a la izquierda de la banda pasante 402 o a la derecha de la banda pasante 420 podrían existir también. El centro de cada banda pasante puede corresponder a un múltiplo entero de algunas longitudes de onda λ_{base} relacionadas con AWG aquí dado a conocer. A modo de ejemplo, el centro de la banda pasante 402 puede corresponder a $n*\lambda_{base}$, el centro de la banda pasante 404 puede corresponder a $(n+1)*\lambda_{base}$, el centro de la banda pasante 406 puede corresponder a $(n+2)*\lambda_{base}$ y así sucesivamente.

En la Figura 4, el uso de un demultiplexor de longitud de onda cíclica con un modelo de repetición de cuatro canales se representa sombreando las bandas pasantes. Más concretamente, las bandas pasantes 402, 410 y 418 se somborean lo mismo y corresponden a un canal de comunicaciones "1", las bandas pasantes 404, 412 y 420 se somborean lo mismo y corresponden a un canal de comunicaciones "2", las bandas pasantes 406 y 414 se somborean lo mismo y corresponden a un canal de comunicaciones "3" y las bandas pasantes 408 y 416 se somborean lo mismo y corresponden a un canal de comunicaciones "4" y así sucesivamente.

Según se ilustra en la Figura 4, varias unidades ONUs (numeradas 1 a 8) se representan como teniendo sus láseres sintonizados a una banda pasante particular. Más concretamente, la unidad ONU 1 está sintonizada a la banda pasante 416, las unidades ONUs 2 y 4 están sintonizadas a la banda pasante 406, las unidades ONUs 3 y 8 están sintonizadas a la banda pasante 412, la unidad ONU 5 está sintonizada a la banda pasante 418,. La unidad ONU 6 está sintonizada a la banda pasante 410 y la unidad ONU 7 está sintonizada a la banda pasante 404. La sintonía de estas unidades ONUs a las diferentes bandas pasantes puede cambiar a medida que se desplazan sus láseres respectivos. Si múltiples unidades ONUs son asignadas a una banda pasante únicas o canal de comunicación, como es el caso para los canales de comunicaciones 1 a 3, entonces, los ajustes de TDMA pueden configurarse o reconfigurarse para impedir conflictos operativos entre las comunicaciones de las unidades ONUs. A modo de ejemplo, si ONU 7 se desplaza desde la banda pasante 404 a la banda pasante 406, en tal caso, los ajustes de TDMA para los canales 2 y 3 pueden reconfigurarse para admitir la adición o pérdida de la unidad ONU 7. Los expertos ordinarios en esta técnica tienen conocimiento de cómo reconfigurar canales de TDMA cuando una unidad ONU se añade o elimina desde un canal.

En al menos algunas formas de realización, la asignación de unidades ONUs a bandas pasantes puede organizarse para

- mejorar el rendimiento del sistema. Más concretamente, aun cuando la Figura 4 ilustre varias bandas pasantes diferentes (10 bandas pasantes) para una red PON representativa, cada unidad ONU no se asigna de forma aleatoria a estas bandas pasantes. Por el contrario, las longitudes de onda laséricas de unidades ONUs se desplazan a una banda pasante cercana dando lugar a la distribución de unidades ONUs ilustrada en la Figura 4. En el transcurso del tiempo, la distribución de unidades ONUs podría cambiar dependiendo de la magnitud de los desplazamientos de longitudes de onda laséricas de cada unidad ONU. En al menos algunas formas de realización, se permite la migración desde una de las bandas pasantes a otra, pero se reduce o minimiza, a modo de ejemplo, sintonizando las longitudes de onda laséricas de unidades ONUs a la misma banda pasante hasta que se alcance un umbral máximo de capacidad de sintonía. Para compensar el desplazamiento de la longitud de onda lasérica, la corriente lasérica o algún otro factor de control podrían utilizarse para desplazar la longitud de onda lasérica para cada unidad ONU hacia delante o atrás hasta el centro aproximado de una banda pasante cercana. La sintonía a una banda pasante que no sea adyacente puede ser también posible y podría realizarse para reducir o minimizar la magnitud de la migración. La selección de una banda pasante podría basarse en una dirección de desplazamiento o en un cálculo del modelo de desplazamiento.
- La Figura 5 ilustra un método de sintonía y transmisión de unidades ONUs 500 en conformidad con formas de realización de la invención. El método 500 podría realizarse periódicamente por cada unidad ONU de un sistema de red PON para compensar el desplazamiento de longitud de onda lasérica y para impedir conflictos entre las unidades ONUs que comparten un canal de comunicaciones o banda pasante única. En el bloque operativo 502, el método 500 comprende la recepción de una señal de control de sintonía. La señal de control de sintonía permite que se aumente una longitud de onda lasérica o se disminuya en una magnitud limitada. A modo de ejemplo, la señal de control de sintonía podría permitir que la longitud de onda lasérica esté aproximadamente centrada en una banda pasante. Aunque otros factores de control son posibles, algunas formas de realización sintonizan un láser de unidad ONU cambiando la magnitud de la corriente lasérica y/o tensión lasérica sin controlar notablemente las variaciones de la temperatura operativa. En el bloque operativo 504, se recibe una señal de control de TDMA. La señal de control de TDMA permite que una longitud de onda lasérica sea temporizada para impedir conflictos cuando múltiples unidades PONs compartan una banda pasante única o un canal de comunicaciones. En el bloque operativo 506, un láser de unidad ONU se controla sobre la base de la señal de control de sintonía y la señal de control de TDMA.
- La Figura 6 ilustra un método de control y sintonía del terminal OLT 600 en conformidad con las formas de realización de la invención. El método 600 puede realizarse periódicamente por el terminal OLT de un sistema de red PON para sintonizar las unidades ONUs del sistema para bandas pasantes disponibles y para impedir conflictos entre unidades ONUs que compartan una banda pasante única o un canal de comunicación único. En el bloque operativo 602, el método 600 comprende supervisar las longitudes de onda laséricas de las unidades ONUs. En el bloque operativo 604, el método 600 comprende, además, el ajuste, de forma selectiva, de señales de control de sintonía sobre la base de una configuración de canal y de longitudes de onda laséricas en curso. A modo de ejemplo, la señal de control de sintonía podría basarse en la identificación del centro de una pluralidad de bandas pasantes disponibles para el sistema de red PON e identificar la magnitud de desplazamiento que se necesita para sintonizar un láser en el centro de una de las bandas pasantes disponibles. La banda pasante seleccionada para la sintonía podría ser la banda pasante más cercana a la longitud de onda lasérica en curso u otra banda pasante dentro del margen de sintonía del láser. En al menos algunas formas de realización, la señal de control de sintonía afecta a la corriente y/o tensión lasérica, pero no afecta, en gran medida, a las variaciones de temperatura operativa de un láser. En el bloque operativo 606, los ajustes de TDMA se realizan de forma selectiva. A modo de ejemplo, el ajuste de TDMA podría realizarse cuando cambien el número de unidades ONUs asignadas a cada banda pasante o canal de comunicación.
- La red anteriormente descrita puede ponerse en práctica en cualquier componente de red de uso general, tal como un componente de red u ordenador con potencia de procesamiento suficiente, recursos de memoria y capacidad de rendimiento de red para poder gestionar la carga de trabajo necesaria colocada sobre dicho dispositivo. La Figura 7 ilustra un componente de red de uso general típico adecuado para poner en práctica una o más formas de realización de un modo aquí dado a conocer. El componente de red 700 incluye un procesador 702 (que puede referirse como una unidad central de procesador o CPU) que está en comunicación con dispositivos de memoria incluyendo memorias secundarias 704, memoria de lectura solamente (ROM) 706, memoria de acceso aleatorio (RAM) 708, dispositivos de entrada/salida (I/O) 710 y dispositivos de conectividad de red 712. El procesador puede ponerse en práctica como uno o más circuitos integrados de la unidad CPU.
- La memoria secundaria 704 suele estar constituida por una o más unidades de disco o unidades de cinta y se utiliza para la memorización no volátil de datos y como un dispositivo de memorización de datos en condición de sobreflujo si la memoria RAM 608 no tiene la suficiente capacidad para mantener todos los datos de trabajo. La memoria secundaria 704 puede utilizarse para memorizar programas que se carguen en la memoria RAM 708 cuando dichos programas sean seleccionados para su ejecución. La memoria ROM 706 se utiliza para memorizar instrucciones y quizás datos que sean objeto de lectura durante la ejecución del programa. La memoria ROM 706 es un dispositivo de memoria no volátil que suele tener una pequeña capacidad de memoria relativa a la mayor capacidad de memoria de la memoria secundaria. La memoria RAM 708 se utiliza para memorizar datos volátiles y quizás para memorizar instrucciones. El acceso a ambas memorias ROM 706 y RAM 708 suele ser más rápido que a la memoria secundaria 704.
- Aunque varias formas de realización han sido dadas a conocer en la presente invención, debe entenderse que los sistemas y métodos dados a conocer podrían materializarse en numerosas otras formas específicas sin desviarse por

ello del alcance de protección de la presente invención. Los ejemplos de realización aquí descritos han de considerarse como ilustrativos y no restrictivos y su intención no ha de limitarse a los detalles aquí proporcionados. A modo de ejemplo, los diversos elementos o componentes pueden combinarse o integrarse en otro sistema o se pueden omitir algunas características operativas o no ponerse en práctica.

5 Además, técnicas, sistemas, subsistemas y métodos descritos e ilustrados en las diversas formas de realización como de carácter discreto o separado pueden combinarse o integrarse con otros sistemas, módulos, técnicas o métodos sin desviarse por ello del alcance de protección de la presente invención. Otros elementos ilustrados o examinados como acoplados o directamente acoplados o en comunicación entre sí pueden acoplarse o comunicarse indirectamente por
10 intermedio de alguna interfaz, dispositivo o componente intermedio por medios eléctricos, mecánicos o de cualquier otro modo. Otros ejemplos de cambios, sustituciones y modificaciones son averiguables por un experto en esta técnica y podrían realizarse sin desviarse por ello del alcance de protección de las reivindicaciones adjuntas.

15

20

REIVINDICACIONES

1. Una unidad de red óptica, ONU, que comprende:

5 un receptor (332A) adaptado para recibir una señal de control de sintonía;
 un láser parcialmente sintonizable (338A) que tiene una longitud de onda láser derivante, y
 un transmisor (336A) acoplado al receptor (332A) y adaptado para controlar el láser parcialmente sintonizable (338A) que
 10 da lugar a la migración de
 la longitud de onda láser derivante hacia una segunda banda pasante de una pluralidad de bandas pasantes sobre la
 base de la señal de control de sintonía reenviada desde el receptor al transmisor cuando el láser parcialmente
 sintonizable ya no puede sintonizarse en el centro de una primera banda pasante de la pluralidad de bandas pasantes,
 15 en donde la segunda banda pasante está dentro del margen de sintonía del láser parcialmente sintonizable, en donde la
 pluralidad de bandas pasantes están asociadas a varios canales de flujo ascendente, en donde la migración desde la
 primera banda pasante a la segunda banda pasante cambia el canal de flujo ascendente.

2. La unidad de red óptica ONU según la reivindicación 1, en donde una temporización de una transmisión desde el
 20 láser (338A) está basada en los ajustes de acceso múltiples por división temporal, TDMA, que cambian debido a la
 longitud de onda de láser derivante.

3. La unidad de red óptica ONU según la reivindicación 1, en donde el láser parcialmente sintonizable (338A) carece
 25 de un componente de control de la temperatura.

4. La unidad de red óptica ONU según la reivindicación 1 en donde la longitud de onda de láser derivante se sintoniza
 a un centro aproximado de la segunda banda pasante.

5. La unidad de red óptica ONU según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en donde el láser parcialmente
 30 sintonizable (338A) comprende un láser de diodo de retroacción distribuida, DFB, o de reflector Bragg distribuido, DBR,
 que es sintonizable sobre la base de una corriente o una tensión eléctrica.

6. Un terminal de línea óptica, OLT, que comprende:

35 una unidad de control de longitud de onda (312) adaptada para proporcionar una señal de control de sintonía,
 un diplexor (308) adaptado para recibir una señal entrante que tiene una longitud de onda láser derivante,
 en donde la longitud de onda láser derivante es objeto de migración a una segunda banda pasante de una pluralidad de
 40 bandas pasantes sobre la base de la señal de control de sintonía cuando un láser parcialmente sintonizable ya no puede
 sintonizarse en el centro de una primera banda pasante de la pluralidad de bandas pasantes,

en donde la segunda banda pasante está dentro del margen de sintonía del láser parcialmente sintonizable, en donde la
 pluralidad de bandas pasantes están asociadas a varios canales de flujo ascendente, en donde la migración desde la
 45 primera banda pasante a la segunda banda pasante cambia el canal de flujo ascendente, y

un demultiplexor de longitud de onda cíclica (310), adaptado para asignar la señal entrante en el canal de flujo
 ascendente correspondiente y reenviar la señal entrante a un receptor (306A-306K) en conformidad con la segunda
 50 banda pasante.

7. El terminal de línea óptica OLT según la reivindicación 6, en donde el demultiplexor de longitud de onda cíclica (310)
 es de longitud de onda selectiva por cuanto que las longitudes de onda que son múltiplos enteros de una longitud de
 onda base se distribuyen a los receptores (306A-306K).

8. El terminal de línea óptica OLT según la reivindicación 6 o 7, en donde la longitud de onda de láser derivante se
 55 sintoniza en un centro aproximado de la segunda banda pasante.

9. Un sistema de red óptica pasiva, PON, que comprende una pluralidad de unidades de red óptica, ONUs (106)
 según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, una red de distribución óptica, ODN (104) y un terminal de línea óptica,
 60 OLT (102) según cualquiera de las reivindicaciones 6 a 8, en donde

la red ODN está adaptada para distribuir señales de datos entre el terminal OLT y las unidades ONUs.

10. Un método que comprende:

65 el envío, por un terminal OLT, de una señal de control de sintonía,

la recepción de una señal entrante que tiene una longitud de onda de láser derivante, en donde la longitud de onda de láser derivante es objeto de migración hacia una segunda banda pasante de una pluralidad de bandas pasantes sobre la base de la señal de control de sintonía cuando un láser parcialmente sintonizable ya no puede sintonizarse en el centro de una primera banda pasante de la pluralidad de bandas pasantes,

5 en donde la segunda banda pasante está dentro del margen de sintonía del láser parcialmente sintonizable, en donde la pluralidad de bandas pasantes están asociadas a varios canales de flujo ascendente, en donde la migración desde la primera banda pasante a la segunda banda pasante cambia el canal de flujo ascendente, y

10 la asignación de la señal entrante en el canal de flujo ascendente correspondiente y el reenvío de la señal entrante a un receptor (306A–306K) en conformidad con la segunda banda pasante.

11. El método según la reivindicación 10 que comprende además: la reconfiguración de una pluralidad de intervalos temporales de acceso múltiples por división temporal, TDMA, cuando una de las longitudes de onda de láser derivante efectúa una migración desde la primera banda pasante a la segunda banda pasante.

12. El método según la reivindicación 10, que comprende, además:

20 la sintonía de la longitud de onda de láser derivante en un centro aproximado de la segunda banda pasante.

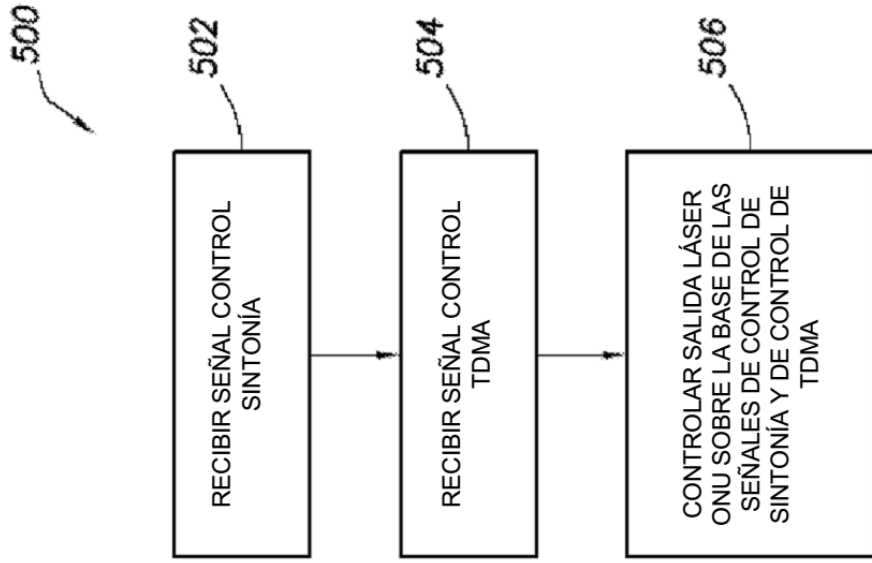
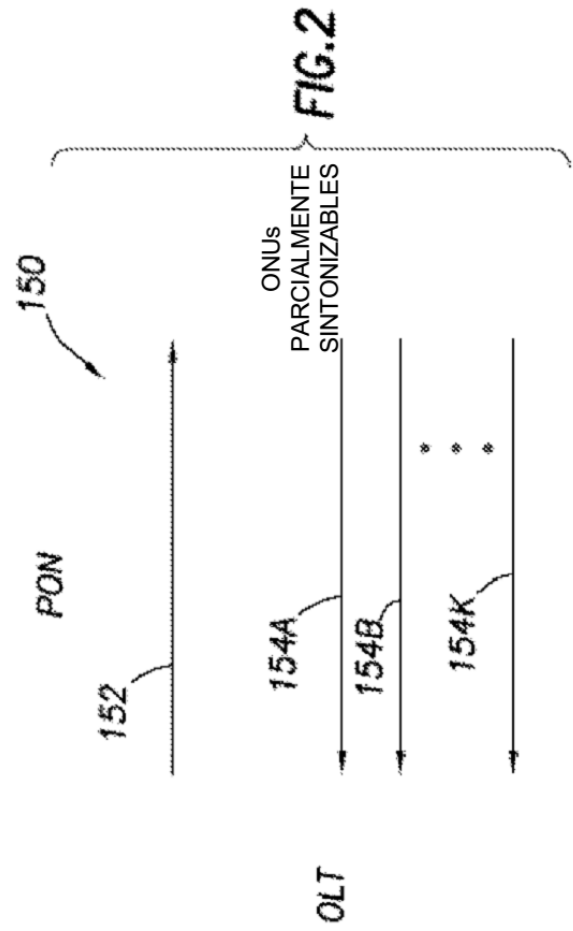
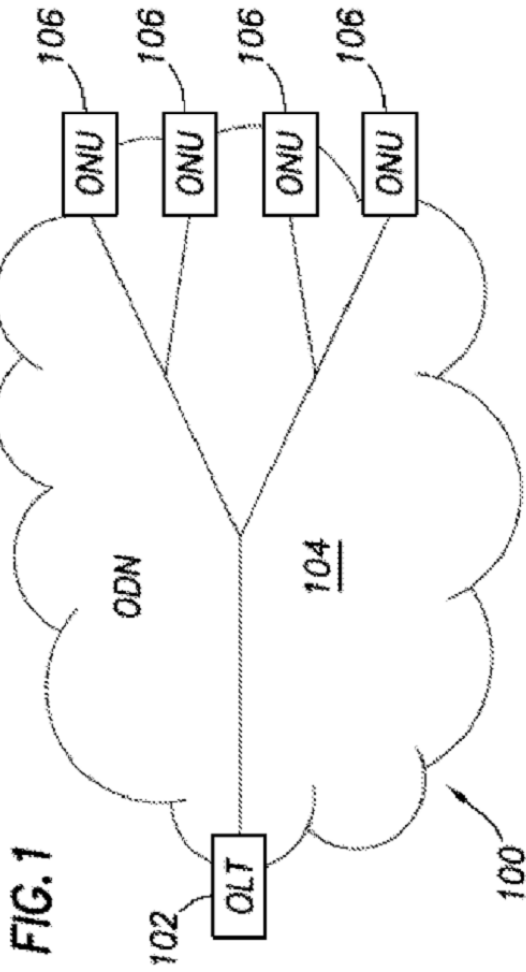


FIG. 5

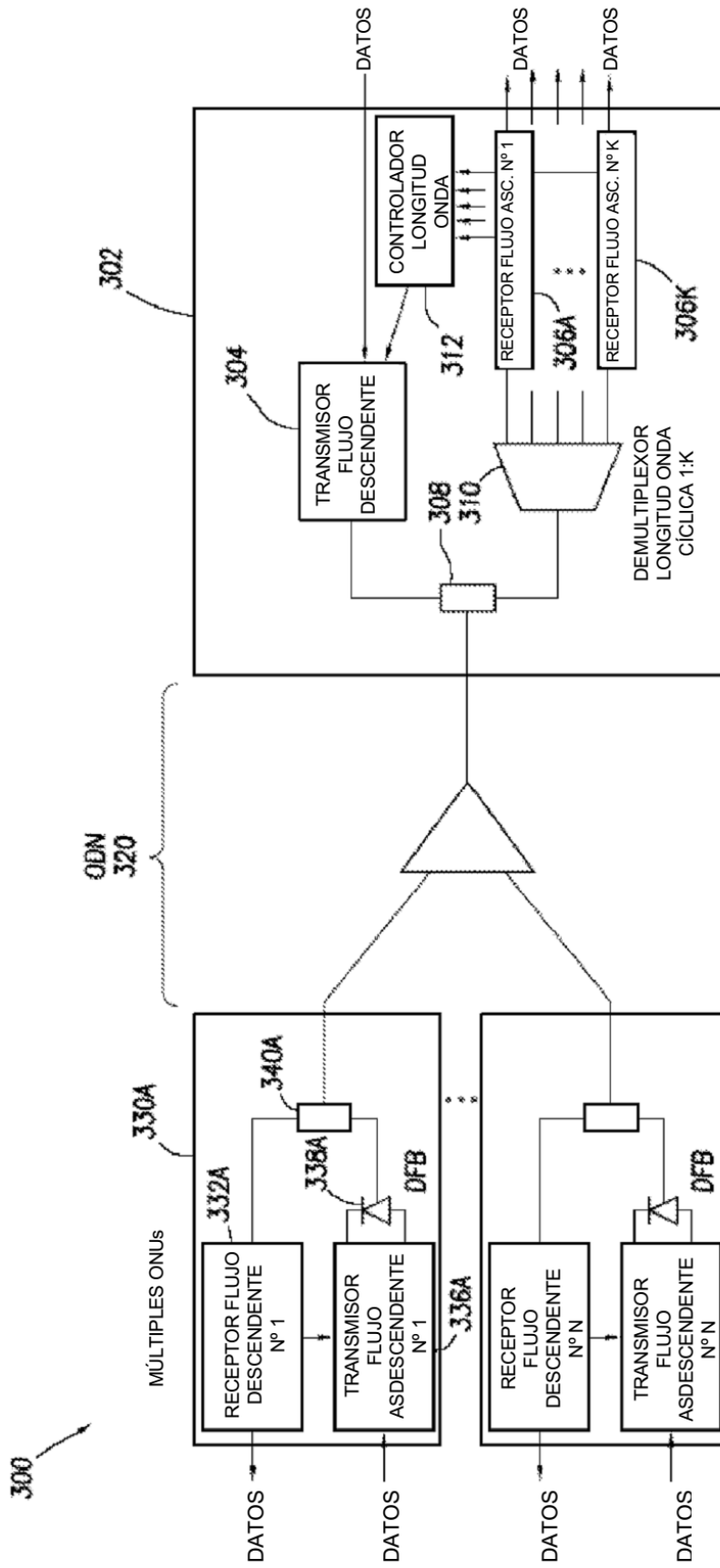


FIG.3

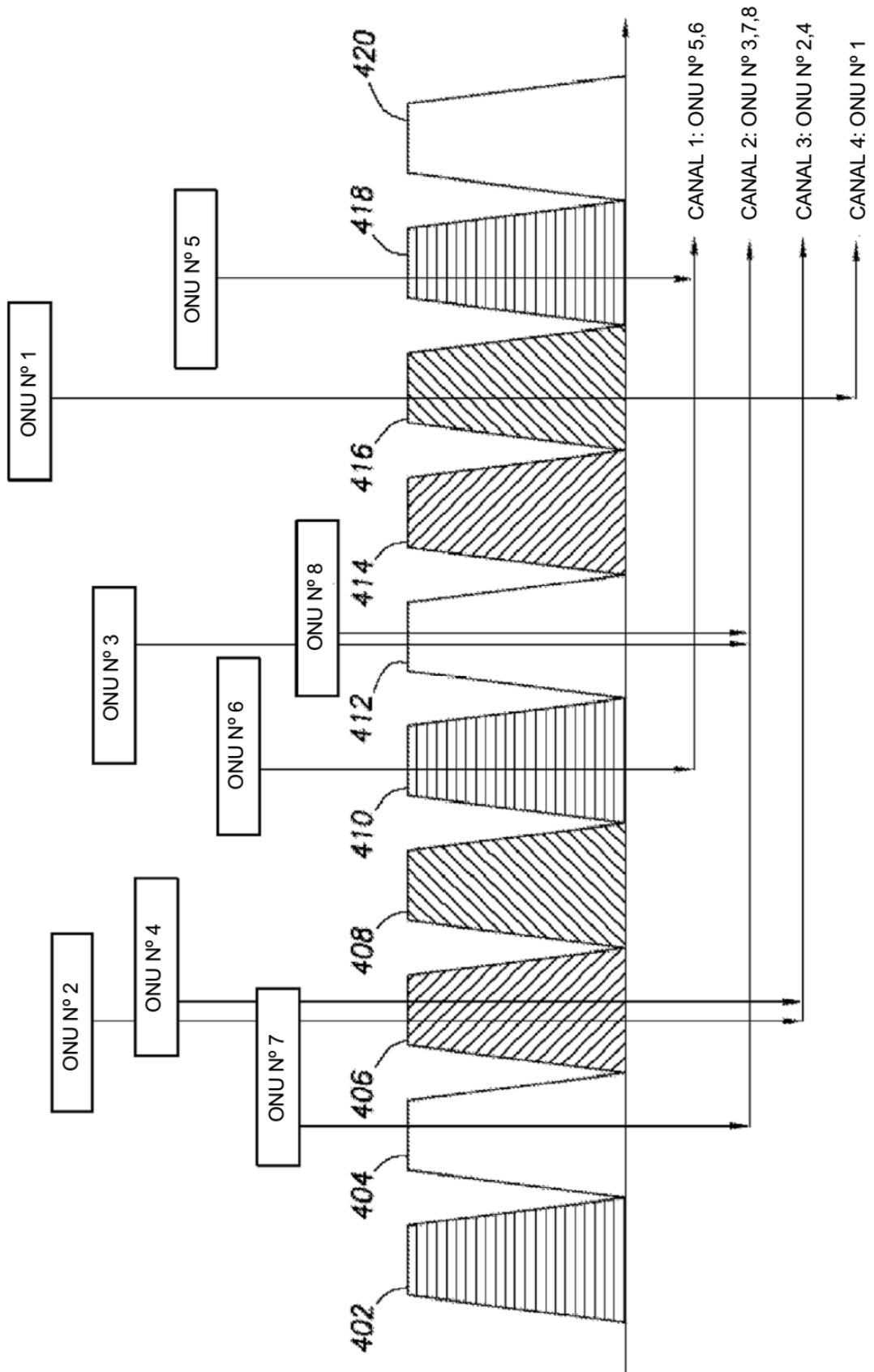


FIG.4

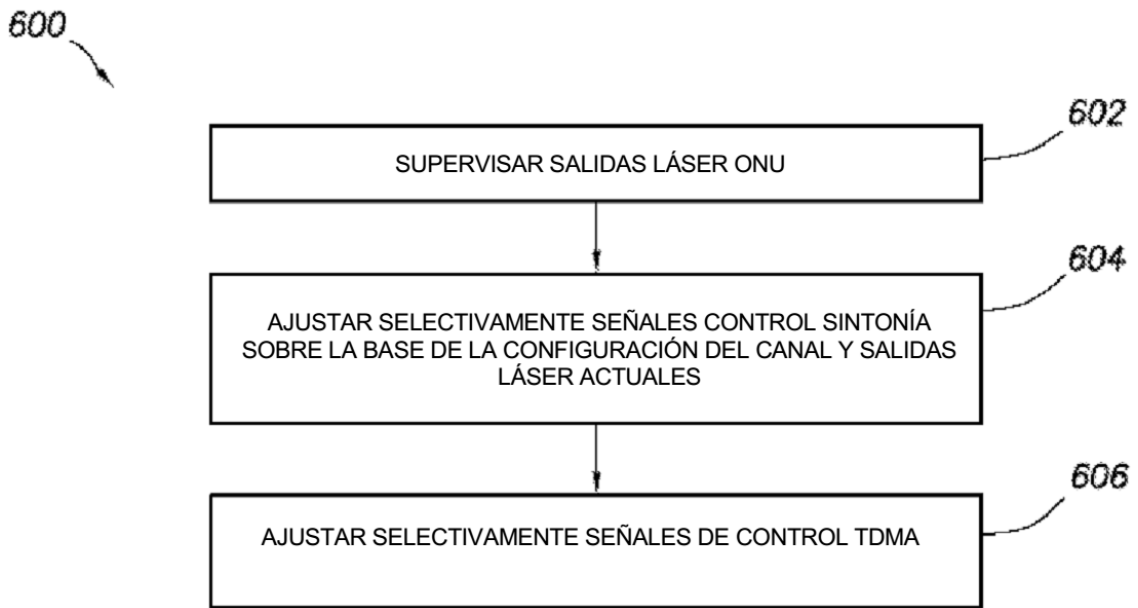


FIG.6

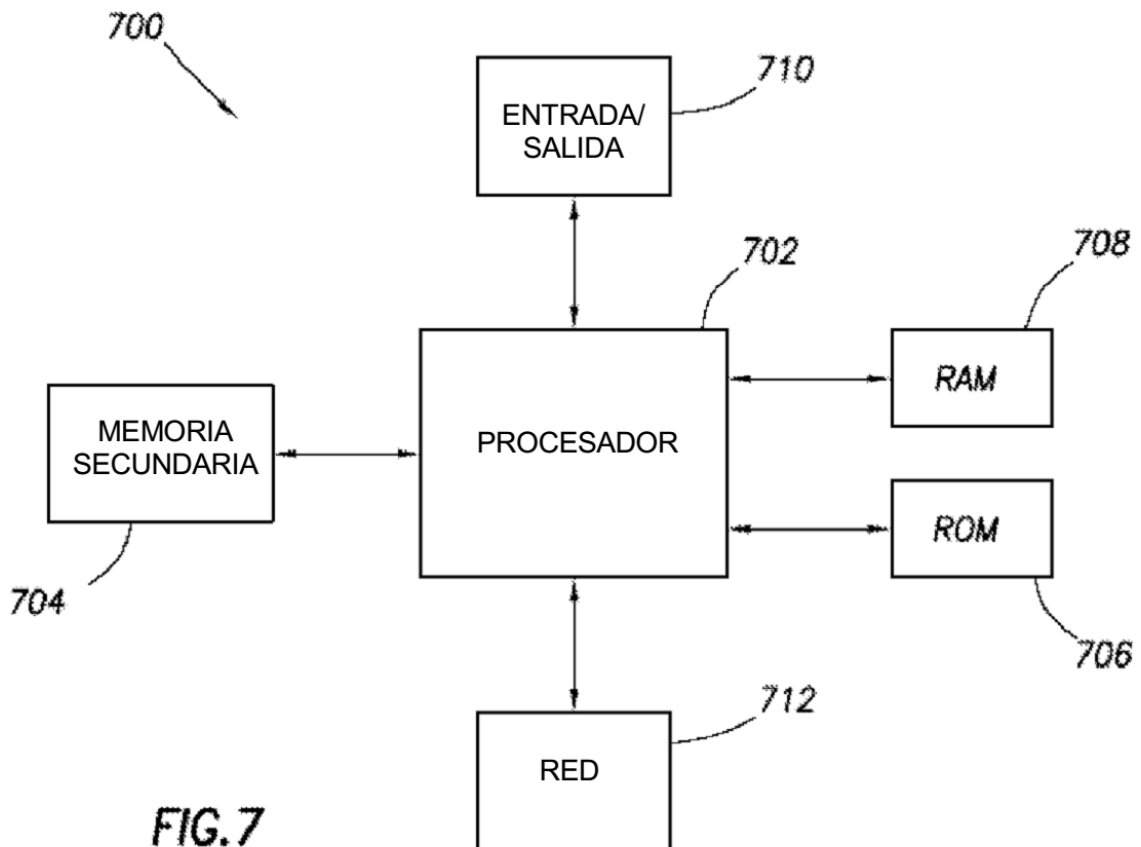


FIG.7